

**DARIUSZ GOZDOWSKI**<sup>1</sup>  
**DANUTA MARTYNIAK**<sup>2</sup>  
**WIESŁAW MĄDRY**<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Katedra Doświadczalnictwa i Bioinformatyki, SGGW w Warszawie

<sup>2</sup>Samodzielna Pracownia Traw i Roślin Motylkowatych, IHAR w Radzikowie

## Zastosowanie analizy ścieżek do oceny determinacji plonu nasion życicy trwałej

### The path analysis for assessment of the determination of ryegrass seed yield

W latach 2001–2002 przeprowadzono doświadczenie hodowlane, w którym oceniano plon nasion i inne cechy plonotwórcze roślin w kolekcji 59 rodów życicy trwałej. Głównym celem analizy statystycznej uzyskanych danych doświadczalnych była ocena wpływu rozpatrywanych cech plonotwórczych na plon nasion z rośliny, za pomocą analizy ścieżek. Wykazano podobny wpływ liczby pędów generatywnych na roślinie oraz masy nasion w kłosie na plon nasion z rośliny (współczynniki ścieżek równe odpowiednio 0,45 i 0,45). Wpływ liczby nasion w kłosie na masę nasion z kłosa był dość duży, natomiast masy tysiąca nasion był stosunkowo niewielki (współczynniki ścieżek równe odpowiednio 1,00 i 0,43). Stwierdzono także ujemną współzależność między liczbą nasion w kłosie a MTZ.

**Słowa kluczowe:** analiza ścieżek, cechy plonotwórcze, odziedziczalność, plon nasion, życica trwała

In the years 2001–2002, the breeding experiment with ryegrass was carried out. Seed yield and yield-related traits of plants for 59 advanced ryegrass lines were evaluated. The experimental data were analyzed statistically (e.g. using path analysis) to evaluate the determination of seed yield by examined yield-related traits. The effects of a number of fertile stems per plant and seed weight per spike on seed yield per plant were found similar (values of path coefficients were, respectively, equal to 0.453 and 0.449). The effect of a number of seeds per spike on weight of seeds per spike was quite strong, but that of 1000-grain weight was relatively weak (values of path coefficients were, respectively, equal to 1.003 and 0.429). The compensation between 1000-grain weight and a number of seeds per spike was found.

**Key words:** path analysis, yield-related traits, heritability, seed yield, perennial ryegrass

### WSTĘP

Ocena wartości użytkowej traw, w tym życicy trwałej dotyczy przede wszystkim plonu zielonej masy. Nie mniej ważną wydaje się być ocena plonu nasion, która decyduje o introdukcji i rozpowszechnianiu każdej odmiany (Martyniak i Martyniak, 2006). Kształtowanie się plonu nasion u traw było przedmiotem wielu dotychczasowych badań,

w których oceniano determinację plonu nasion przez jego składowe, jak również inne cechy morfologiczne roślin, związane z plonem (Hacker i Cuany, 1997; Sukhchain i Sidhu, 1992; Seker i Serin, 2004).

Najczęściej wykorzystywaną metodą statystyczną do tego celu jest analiza ścieżek, która umożliwia wielowymiarową ocenę wpływu wielu cech (zmiennych niezależnych) na plon (zmienną zależną). Stosowanie analizy ścieżek może powodować pewne trudności przy wielu cechach plonotwórczych (w tym składowych plonu), głównie ze względu na wzajemne korelacje między niektórymi z tych zmiennych. Biorąc pod uwagę sekwencyjne kształtowanie się w ontogenezie plonu nasion traw oraz wynikający z tego kierunek zależności przyczynowo-skutkowych, uzasadnione jest zastosowanie analizy ścieżek, w której zmienne (w tym przypadku cechy plonotwórcze) są podzielone na cechy plonotwórcze pierwszego rzędu, drugiego i ewentualnie kolejnych rzędów. Taki model zależności przyczynowo-skutkowych jest coraz częściej wykorzystywany w ocenie determinacji plonu różnych gatunków zbóż (Samonte i in., 1998; Board i in., 1999, 2003; Mohammadi i in., 2003). Poszczególne grupy zmiennych podzielone są w zależności od przyjętego modelu przyczynowo-skutkowego na cechy plonotwórcze (ang. *yield-related traits*) pierwszego rzędu (ang. *primary level traits*), nazywane też czasami składowymi plonu pierwszego rzędu (ang. *primary yield components*), cechy plonotwórcze drugiego rzędu (ang. *secondary level traits*) — składowe plonu drugiego rzędu (ang. *secondary components*) i cechy plonotwórcze trzeciego rzędu (ang. *tertiary level traits*) — składowe trzeciego rzędu (ang. *tertiary components*). Najwcześniej w czasie następuje kształtowanie się cech dalszych rzędów, natomiast cechy plonotwórcze pierwszego rzędu kształtują się najpóźniej, bezpośrednio wpływając na wielkość plonu nasion.

Takie ontogenetyczne podejście (ang. *ontogenetic approach*) do analizy ścieżek w ocenie determinacji plonu wydaje się bardziej właściwe, gdyż uwzględnia w doborze modelu nie tylko uzyskanie dużej determinacji zmiennych zależnych (w szczególności plonu), ale przede wszystkim na powiązaniu cech z uwzględnieniem kryteriów biologicznych (Garcia del Moral i in., 1991, 2003; Samonte i in., 1998).

Celem niniejszej pracy jest przedstawienie możliwości wykorzystania analizy ścieżek w ocenie determinacji plonu nasion żywiczy trwałej z uwzględnieniem ontogenetycznej kolejności kształtowania się cech plonotwórczych.

#### MATERIAŁ I METODY

Prezentacja wyników jest oparta na analizach danych pochodzących z doświadczeń hodowlanych przeprowadzonych w latach 2001–2002 w IHAR Radzików na 59 rodach hodowlanych żywiczy trwałej.

Dane do analiz pochodzą z pierwszego roku zbioru nasion w 2002 roku, w doświadczeniu polowym jednoczynnikowym, założonym w 2001 roku, w układzie losowanych bloków w dwóch powtórzeniach. Zlokalizowane ono było w Radzikowie, na czarnej ziemi o kompleksie pszennym dobrym.

Materiał badawczy stanowiły rody hodowlane po wstępnej selekcji, które pochodziły z czterech placówek hodowlanych: Bartążka (BA), Szelejewa (SZ), Marchwacza (MA)

i Radzikowa (RA). Rody wysadzano w polu w postaci małych sadzonek wiosną w 2001 roku, po pięć roślin kęp z każdego rodu w odległości co 40 cm na mikropletkach (powtórzeniach). Metodyka prowadzenia doświadczenia była zgodna z ogólnie przyjętymi zasadami eksperymentów w nasiennictwie traw, zarówno w zakresie agrotechniki jak i wykonywania pomiarów badanych cech (Martyniak i Martyniak, 2006).

W ocenie uwzględniono następujące cechy: plon nasion z rośliny ( $Y$ ), liczba pędów generatywnych z rośliny ( $X_1$ ), masa nasion z kłosa ( $X_2$ ), liczba nasion z kłosa ( $X_3$ ), masa tysiąca nasion — MTN ( $X_4$ ), liczba kłosek w kłosie ( $X_5$ ), liczba nasion w kłosku ( $X_6$ ), długość kłosa ( $X_7$ ) i liczba kwiatków w kłosku ( $X_8$ ). Plon nasion z rośliny oraz liczba pędów generatywnych na roślinie ( $Y$ ,  $X_1$ ) były oceniane na środkowej roślinie z mikropletka. Cechy związane z pojedynczym kłosem ( $X_2$ ,  $X_3$ ,  $X_5$ ) były oceniane na podstawie 10 pędów generatywnych (kłosów) losowo pobranych z jednej rośliny z każdego powtórzenia, natomiast liczba kwiatków i nasion w kłosku były oceniane na podstawie środkowego kłoska z ocenianych kłosów.

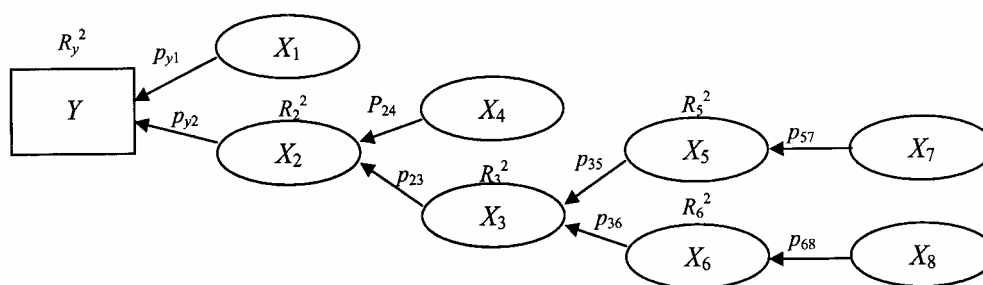
Na podstawie zebranych danych obliczono wartości wszystkich badanych cech i poszczególnych powtórzeń (mikroplettek), a następnie dla rodów (jako średnie z dwóch powtórzeń).

Dane poddano analizom statystycznym, obliczono podstawowe statystyki opisowe charakteryzujące badane cechy, wykonano analizę wariancji oraz oceniono, z użyciem analizy ścieżek, determinację plonu nasion wykorzystując model przyczynowo-skutkowy przedstawiony na rysunku 1. Jednoczynnikowa analiza wariancji przeprowadzona była dla układu losowanych bloków. Na podstawie wyników analizy wariancji określono istotność efektów genotypowych oraz obliczono współczynnik odziedziczalności według następujących równań:

$$h^2 = \frac{\sigma_G^2}{\sigma_G^2 + \frac{\sigma_e^2}{2}}$$

$$\text{gdzie } \hat{\sigma}_G^2 = \frac{MS_G - MS_e}{2}; \quad \hat{\sigma}_e^2 = s_e^2 = MS_E$$

Analiza ścieżek była przeprowadzona na średnich genotypowych ( $n = 59$ ) z użyciem regresji wielokrotnej na zmiennych standaryzowanych (Wright, 1921, 1923). Efekty bezpośrednie w analizie ścieżek są wartościami cząstkowych współczynników regresji dla zmiennych standaryzowanych, natomiast efekty pośrednie są iloczynami współczynników korelacji i wartości współczynników ścieżek z drugą zmienną niezależną (w przypadku tej analizy jest to uproszczenie wynikające z tego, że są jedynie 2 zmienne niezależne dla każdego rzędu cech plonotwórczych).



Rys. 1. Diagram zależności przyczynowo-skutkowych między cechami plonotwórczymi ( $X_1$ ...  $X_9$ ) a plonem nasion z rośliny ( $Y$ ). Na rysunku oznaczono poszczególne wartości współczynników ścieżek ( $p_{ij}$ ) oraz współczynniki determinacji ( $R^2_i$ )

Fig. 1. Diagram of causal relationships between yield-related traits ( $X_1$ ...  $X_9$ ) and seed yield per plant ( $Y$ ). Figure presents values of path coefficients ( $p_{ij}$ ) and coefficients of determination ( $R^2_i$ )

Cechy plonotwórcze związane z plonem podzielono na 4 grupy:

- cechy plonotwórcze pierwszego rzędu, do których zaliczono liczbę pędów generatywnych z rośliny ( $X_1$ ) i masę nasion z kłosa ( $X_2$ ), bezpośrednio determinujące wielkość plonu,
- cechy plonotwórcze 2-rzędu do których zaliczono liczbę nasion w kłosie ( $X_3$ ) i MTN ( $X_4$ ),
- cechy plonotwórcze 3-rzędu — liczba kłosek w kłosie ( $X_5$ ), liczba nasion w kłosku ( $X_6$ ) oraz
- cechy plonotwórcze 4-rzędu — długość kłosa ( $X_7$ ) i liczba kwiatków w kłosku ( $X_8$ )

#### WYNIKI BADAŃ

Spośród badanych cech największą zmiennością charakteryzował się plon nasion z rośliny (współczynnik zmienności —  $CV = 70,3\%$ ), zaś mniejszą, ale również dość dużą miały: liczba pędów generatywnych z rośliny, masa nasion z kłosa oraz liczba nasion w kłosie ( $CV$  w zakresie od  $39,4$  do  $43,0\%$ ) (tab. 1). Natomiast cechami o najmniejszej zmienności były: liczba kłosek w kłosie ( $CV = 9,4\%$ ) oraz długość kłosa ( $CV = 14,3\%$ ). Pośrednie wartości  $CV$  stwierdzono dla MTN i kwiatków w kłosku (odpowiednio  $22,4$  i  $20,8\%$ ). Przeprowadzona analiza wariancji wykazała istotne zróżnicowanie genotypów pod względem badanych cech. Największą odziedziczalnością charakteryzowała się długość kłosa ( $h^2 = 45,3\%$ ) i masa tysiąca nasion ( $h^2 = 44,1\%$ ), również dość dużą odziedziczalność stwierdzono dla liczby kłosek w kłosie i liczby nasion w kłosie (odpowiednio  $43,4\%$  i  $42,8\%$ ) (tab. 2).

Natomiast najmniejszą odziedziczalność stwierdzono dla plonu nasion z rośliny ( $h^2 = 21,8\%$ ), liczby pędów z rośliny ( $h^2 = 23,4\%$ ), co wskazuje na duże zróżnicowanie tych cech poprzez warunki środowiskowe. Ma to olbrzymie znaczenie dla hodowli traw.

Tabela 1

**Wartości średnie dla badanych cech oraz parametry charakteryzujące ich zmienność w badanej populacji rodów**  
**Mean values for the examined traits and parameters characterizing their variability in the advanced lines**

Cechy Traits	Średnia Mean	Min	Max	Odchylenie standardowe Standard deviation	Współczynnik zmienności Coefficient of variability (CV)
Plon nasion z rośliny Seed yield per plant (g) (Y)	9,35	1,00	35,65	6,58	70,3%
Liczba pędów generatywnych z rośliny Number of fertile stems per plant (X <sub>1</sub> )	167,8	38,0	357,5	72,2	43,0%
Masa nasion z kłosa Seed weight per spike (g) (X <sub>2</sub> )	0,086	0,005	0,150	0,035	40,9%
Liczba nasion w kłosie Number of seeds per spike (X <sub>3</sub> )	49,8	2,8	82,1	19,6	39,4%
MTN 1000-grain weight (g) (X <sub>4</sub> )	1,77	0,84	2,98	0,40	22,4%
Liczba kłosek w kłosie Number of spikelets per spike (X <sub>5</sub> )	19,90	15,35	23,35	1,87	9,4%
Liczba nasion w kłosku Number of seeds per spikelet (X <sub>6</sub> )	3,10	0,40	6,40	1,10	35,6%
Długość kłosa Spike length (cm) (X <sub>7</sub> )	16,64	12,48	22,15	2,37	14,3%
Liczba kwiatków w kłosku Number of flowers per spikelet (X <sub>8</sub> )	4,58	2,85	7,45	0,95	20,8%

Tabela 2

**Analiza wariancji oraz odziedziczalność dla ocenianych cech**  
**Analysis of variance and heritability for the examined traits**

Cechy — Traits	$MS_E$	$MS_G$	$F_{emp}$	$p$	$h^2$
Plon nasion z rośliny Seed yield per plant (g) (Y)	39,6	85,5	2,16	0,0015	21,8%
Liczba pędów generatywnych z rośliny Number of fertile stems per plant (X <sub>1</sub> )	4421	10257	2,32	0,0006	23,4%
Masa nasion z kłosa Seed weight per spike (g) (X <sub>2</sub> )	0,00035	0,0023	6,55	0,0000	39,4%
Liczba nasion w kłosie Number of seeds per spike (X <sub>3</sub> )	78,1	771,2	9,88	0,0000	42,8%
MTN 1000-grain weight (g) (X <sub>4</sub> )	0,0246	0,30	12,2	0,0000	44,1%
Liczba kłosek w kłosie Number of spikelets per spike (X <sub>5</sub> )	0,672	7,32	10,89	0,0000	43,4%
Liczba nasion w kłosku Number of seeds per spikelet (X <sub>6</sub> )	0,285	2,40	8,43	0,0000	41,6%
Długość kłosa Spike length (cm) (X <sub>7</sub> )	0,696	10,7	15,43	0,0000	45,3%
Liczba kwiatków w kłosku Number of flowers per spikelet (X <sub>8</sub> )	0,370	1,89	5,11	0,0000	36,6%

$MS_E$  — średni kwadrat dla błędu, mean square for error;  $SS_G$  — suma kwadratów dla genotypów, sum of squares for genotypes;  $MS_G$  — średnie kwadraty dla genotypów, mean squares for genotypes;  $F_{emp}$  — empiryczna wartość statystyki  $F$ , value of  $F$  statistic;  $p$  — wartość  $p$ ,  $p$ -value;  $h^2$  — odziedziczalność, heritability

Pośrednią odziedziczalność ( $h^2$ ) stwierdzono dla liczby nasion w kłosku, masy nasion z kłosa i liczby kwiatków w kłosku.

Wartości współczynników korelacji świadczą o dodatniej, umiarkowanie silnej korelacji z plonem podstawowych składowych plonu z rośliny, tj. liczby pędów generatywnych z rośliny oraz masy nasion z kłosa (wartość współczynnika korelacji była istotna i wynosiła dla obu tych cech 0,57; tab. 3). Również dość silną współzależność stwierdzono między plonem a liczbą nasion w kłosie i w kłosku. Nie stwierdzono natomiast istotnej współzależności między plonem a MTN, liczbą kłosek w kłosie i długością kłosa.

Tabela 3

**Macierz współczynników korelacji prostej dla badanych cech**  
**Matrix of correlation coefficients for the examined traits**

Cechy — Traits	Y	X <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>	X <sub>3</sub>	X <sub>4</sub>	X <sub>5</sub>	X <sub>6</sub>	X <sub>7</sub>	X <sub>8</sub>
Plon nasion z rośliny Seed yield per plant (g) (Y)	1,00								
Liczba pędów generatywnych z rośliny Number of fertile stems per plant (X <sub>1</sub> )	0,57**	1,00							
Masa nasion z kłosa Seed weight per spike (g) (X <sub>2</sub> )	0,57**	0,26*	1,00						
Liczba nasion w kłosie Number of seeds per spike (X <sub>3</sub> )	0,44**	0,19	0,87**	1,00					
MTN 1000-grain weight (g) (X <sub>4</sub> )	0,10	0,07	0,13	-0,30*	1,00				
Liczba kłosek w kłosie Number of spikelets per spike (X <sub>5</sub> )	0,01	0,08	0,06	0,02	0,14	1,00			
Liczba nasion w kłosku Number of seeds per spikelet (X <sub>6</sub> )	0,37**	0,11	0,76**	0,91**	-0,33**	-0,13	1,00		
Długość kłosa Spike length (cm) (X <sub>7</sub> )	-0,04	-0,04	-0,01	-0,18	0,46**	0,44**	-0,24	1,00	
Liczba kwiatków w kłosku Number of flowers per spikelet (X <sub>8</sub> )	0,27*	0,23	0,32*	0,48**	-0,22	-0,27*	0,61**	-0,16	1,00

\* Istotna współzależność przy poziomie  $\alpha = 0,05$ ; Significant correlation at  $\alpha = 0,05$  level

\*\* Istotna współzależność przy poziomie  $\alpha = 0,01$ ; Significant correlation at  $\alpha = 0,01$  level

Wyniki analizy ścieżek przedstawiono w tabeli 4. Wartości współczynników ścieżek ( $p_{ij}$ ) wskazują na stopień zależności poszczególnych cech zależnych od cech niezależnych (przyczynowych). Większa wartość współczynnika ścieżki oznacza relatywnie większy wpływ danej cechy. Porównanie wartości współczynników ścieżek umożliwia, zatem ocenę wpływu poszczególnych cech na kształtowanie się plonu nasion z rośliny. W tabeli 4 przedstawione są ponadto wartości współczynników determinacji  $R_i^2$  określające, jaką część zmienności cechy zależnej wyjaśniają zmienne niezależne. Na podstawie uzyskanych wyników wartości współczynników ścieżek między liczbą pędów generatywnych z rośliny ( $X_2$ ) oraz masą nasion z kłosa ( $X_2$ ) a plonem nasion z rośliny (odpowiednio 0,453 i 0,449), można stwierdzić, na podobną determinację plonu przez te dwie składowe.

Masa nasion z kłosa ( $X_2$ ) była w większym stopniu determinowana przez liczbę nasion w kłosie ( $X_3$ ) niż przez masę tysiąca nasion ( $X_4$ ), bowiem współczynniki ścieżek dla tych

cech wynosiły odpowiednio 1,003 i 0,429. Stwierdzono ponadto ujemny efekt pośredni MTN (-0,303) przez liczbę nasion w kłosie na masę nasion z kłosa, co wskazuje na wzajemną kompensację tych cech.

Tabela 4

**Wartości współczynników ścieżek ( $p_{ij}$ ), współczynniki determinacji ( $R^2$ ) oraz efekty pośrednie badanych cech na plon nasion z rośliny**  
**Values of path coefficients ( $p_{ij}$ ), coefficients of determination ( $R^2$ ) and indirect effects of the examined traits on seed yield per plant**

Efekty bezpośrednie Direct effects ( $p_{ij}$ )		Efekty pośrednie Indirect effects ( $p_{ij} \times r_{jk}$ )	
$X_1 \rightarrow Y$	0,453	$X_1 \rightarrow Y$ przez $X_2$	0,117
$X_2 \rightarrow Y$	0,449	$X_2 \rightarrow Y$ przez $X_1$	0,118
$X_3 \rightarrow X_2$	1,003	$X_3 \rightarrow X_2$ przez $X_4$	-0,130
$X_4 \rightarrow X_2$	0,429	$X_4 \rightarrow X_2$ przez $X_3$	-0,303
$X_5 \rightarrow X_3$	0,141	$X_5 \rightarrow X_3$ przez $X_6$	-0,124
$X_6 \rightarrow X_3$	0,932	$X_6 \rightarrow X_3$ przez $X_5$	-0,019
$X_7 \rightarrow X_5$	0,441		
$X_8 \rightarrow X_6$	0,612		
Współczynniki determinacji Coefficients of determination ( $R_i^2$ )			
$R_y^2$	51,2%		
$R_2^2$	93,2%		
$R_3^2$	85,3%		
$R_5^2$	19,4%		
$R_6^2$	37,5%		

Liczba nasion w kłosie była w największym stopniu determinowana przez liczbę nasion w kłosku, a w niewielkim stopniu przez liczbę kłosek w kłosie. Wartości współczynników ścieżek dla tych cech wynosiły odpowiednio 0,932 i 0,141.

Cechy plonotwórcze 4 rzędu tj. długość kłosa i liczba kwiatków w kłosku istotnie determinowały wielkość cech plonotwórczych 3-rzędu, tj odpowiednio: liczbę kłosek w kłosie i liczbę nasion w kłosku.

Powyższe wyniki wskazują na dość silny wpływ cech plonotwórczych życicy trwałej, kształtujących się w poszczególnych etapach ontogenezy, na plon nasion z rośliny.

## DYSKUSJA

Ocena wpływu poszczególnych cech plonotwórczych roślin na plon nasion traw jest ważna dla hodowców, których celem jest wyhodowanie odmian traw charakteryzujących się nie tylko wysokim plonem biomasy, ale również wysokim plonem nasion, umożliwiającym łatwą reprodukcję, oraz optymalizację technologii produkcji nasiennej. Stosunkowo niewielka liczba badań w tym zakresie uniemożliwia jednoznaczne określenie, które cechy plonotwórcze mają największy wpływ na wielkość plonu nasion wielu gatunków traw. Dotychczasowe badania były przeprowadzane m.in. na takich gatunkach jak: stokłosa bezostna (Seker i Serin, 2004), perz grzebieniasty (Dewey i Lu, 1959), cynodon palczasty (Wu i in., 2006), kostrzewa łąkowa (Fang i in., 2004), mozga Hardinga (Oram, 1982). Odniesienie bezpośrednie wyników tych badań do innych

gatunków traw, jak również innych warunków środowiskowych nie jest możliwe, jednak pozwala porównać występujące podobieństwa i na tej podstawie wyciągnąć wnioski i uogólnić niektóre tezy.

Porównując wyniki badań własnych z badaniami nad innymi gatunkami traw można wywnioskować, że cechy plonotwórcze będące jednocześnie składowymi plonu mają prawie zawsze istotny dodatni wpływ na plon nasion z rośliny lub też plon z jednostki powierzchni (Oram, 1982; Seker i Serin, 2004). Na uwagę zasługuje to, że w badaniach własnych, jak również w badaniach innych autorów wpływ masy 1000 nasion (lub też średniej masy pojedynczego ziarniaka), czyli cechy plonotwórczej, będącej składową plonu, jest zazwyczaj dość słaby. Wynika to najprawdopodobniej z niewielkiej zmienności tej cechy. W badaniach własnych stwierdzono ponadto ujemną kompensację MTN z liczbą nasion w kłosie. Podobną zależność w swoich badaniach stwierdzili Seker i Serin (2004), natomiast Oram (1982) w swoich badaniach wykazał ujemną korelację między średnią masą nasienia a liczbą nasion z rośliny i ujemną korelację z plonem nasion z rośliny. Wyniki takie wskazują, że osiągnięcie wysokiego plonu jest możliwe przede wszystkim poprzez zwiększanie liczby nasion z rośliny, przy stałej, a niekiedy nawet mniejszej MTN.

Stosowane metody oceny determinacji plonu nasion traw przez różnych autorów są nieco inne, nie tylko pod względem doboru cech plonotwórczych, ale również modeli przyczynowo-skutkowych stosowanych do analiz statystycznych. Najczęściej przyjmowane są modele, w których ocenia się wpływ wszystkich cech plonotwórczych jednocześnie na zmienną zależną, którą jest plon nasion (z rośliny bądź też z powierzchni). Podział cech roślin na cechy plonotwórcze różnych rzędów i ocena ich wpływu w sposób sekwencyjny wydaje się lepsza ze względu na eliminację wpływu współzależności między niektórymi cechami. Takie podejście stosowane jest coraz częściej w ocenie determinacji plonu zbóż z użyciem analizy ścieżek (Garcia del Moral i in., 1991, 2003; Mohammadi, 2003), ale również może być stosowane w ocenie determinacji plonu innych gatunków roślin uprawnych, w tym również plonu nasion traw.

#### WNIOSKI

1. Metoda analizy ścieżek pozwala na ocenę determinacji plonu nasion traw przez cechy plonotwórcze przy jednoczesnym uwzględnieniu kolejności kształtowania się w ontogenezie.
2. Ocena wpływu wybranych cech plonotwórczych na plon nasion z rośliny wykazała podobny wpływ liczby pędów generatywnych z rośliny oraz masy nasion z kłosa. Wpływ masy tysiąca nasion był stosunkowo niewielki, a jednocześnie stwierdzono wzajemną kompensację MTN i liczby nasion w kłosie.
3. Największą odziedziczalność spośród cech plonotwórczych stwierdzono dla długości kłosa i masy tysiąca nasion, a także niektórych cech kłosa (liczby kłosek w kłosie oraz liczby nasion w kłosie i kłosku).



4. Uzyskane informacje, na podstawie stosunkowo dużego materiału hodowlanego zycicy trwałej, mogą być wykorzystane w doskonaleniu metodyki hodowli tego gatunku w kierunku nasiennym.

#### LITERATURA

- Board J., Kang M. S., Harville B. 1999. Path analyses of the yield formation process for late-planted soybean. *Agron. J.*, 91: 128-135.
- Board, J., Kang, M. S., Bodrero M. L. 2003. Yield components as indirect selection criteria for late-planted soybean cultivars. *Agron. J.* 95: 420 — 429.
- Dewey D. R., Lu K. H., 1959. A correlation and path coefficient analysis of components of crested wheatgrass seed production. *Agron. J.* 51: 515 — 518.
- Fang C., Aamlid T. S., Jørgensen Ø., Rognli O. A. 2004. Phenotypic and genotypic variation in seed production traits within a full-sib family of meadow fescue. *Plant Breeding* 123: 241 — 246.
- Garcia del Moral L., Ramos M., Garcia del Moral B., Jimenez-Tejada P. 1991. Ontogenic approach to grain production in spring barley based on path-coefficient analysis. *Crop Sci.* 31: 1179 — 1185.
- Garcia del Moral L., Rharrabi Y., Villegas D., Royo C. 2003. Evaluation of grain yield components in durum wheat under Mediterranean conditions: an ontogenic approach. *Agron. J.* 95: 266 — 274.
- Hacker J. B., Cuany R.L. 1997. Genetic variation in seed production and its components in four cultivars of the pasture grass *Setaria sphacelata*. *Euphytica* 97: 271 — 282.
- Martyniak D., Martyniak J. 2006. Próba zastosowania wskaźnika wartości użytkowo-nasiennej do oceny odmian pastewnych zycicy trwałej. *Łąkarstwo w Polsce* 9: 121 — 130.
- Mohammadi S., Prasanna B., Singh N. 2003. Sequential path model for determining interrelationships among grain yield and related characters in maize. *Crop Sci.* 43: 1690 — 1697.
- Oram R. N. 1982. Genetic of total seed yield and its components in *Phalaris Aquatica*. *Aust. J. Agric. Res.* 33: 465 — 471.
- Samonte S., Wilson L., McClung A. 1998. Path analyses of yield and yield-related traits of fifteen diverse rice genotypes. *Crop Sci.* 38: 1130 — 1136.
- Seker H., Serin Y. 2004. Explanation of the relationships between seed yield and some morphological traits in smooth bromegrass *Bromus inermis* Leyss. by path analysis. *Eur. J. Agronomy* 21: 1 — 6.
- Sukhchain, Sidhu B. 1992. Correlation and path coefficients analysis for reproductive traits in Guinea grass. *Euphytica* 60: 57 — 60.
- Wright S. 1921. Correlation and causation. *J. Agric. Res.* 20: 557 — 585.
- Wright S. 1923. The theory of path coefficients — a reply to Niles's criticism. *Genetics* 8: 239 — 255.
- Wu Y. Q., Taliaferro C. M., Martin D. L., Goad C. L., Anderson J. A. 2006. Genetic variability and relationships for seed yield and its components in Chinese *Cynodon* accessions. *Field Crops Research* 98: 245 — 252.